

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

ADDITIVE BINARY DATA TRANSMISSION FOR VIDEO SIGNALS

Wolfram Szepanski

Publication of the Institut für Elektrische Nachrichtentechnik der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule¹ in Aachen.

1. Introduction

Some time ago, the transmission of add-on data signals over video channels was introduced by the ARD and ZDF television stations under the name of Videotext. Videotext is a time division multiplex process in which binary data signals are superimposed over two lines of the field blanking interval. Data and image content are transmitted sequentially over time and can be easily separated from each other. As determined by the video channel bandwidth and the duration of one line, the theoretical maximum effective transmission rate is approximately 13 kbit/s per line of data used. However, for practical purposes only an effective rate of around 9 kbit/s per line of data is used.

There are many possible applications for add-on data transmission—ranging from new public information services to the transmission of in-house identifiers and control information (for example, to automatically control the distribution of video signals in a transmitter network).

While it is true that currently it is hard to imagine exhausting the free lines of the field blanking interval, a part of the field blanking interval is needed for synchronizing signals or has already been reserved for insertion test signals and keying signals over national or international routes. Furthermore, it has been suggested that the parallel sound or color information be transmitted in the field blanking interval.

A potentially increasing demand for the transmission of add-on data over the video channel stands in contrast to the limited number of unused lines in the field blanking interval.

2. Additive add-on data transmission

2.1 Principle

For this reason, this article will present a different type of compatible add-on data transmission in which the data are not transmitted in the field blanking interval, but instead are added directly to the active part of the video signal. The composite signal is supplied to both the video receiver and the receiver for the add-on data. To guarantee the compatibility of the process, the data signals may not cause any non-tolerated disruptions of the picture quality and the error rate of the data receiver must stay below a certain maximum tolerance value.

Since the video signal alters itself stochastically, it is not possible to achieve strict orthogonality between the data and video signals, as is required of traditional multiplex systems.

The author currently works at Industrieranlagen Betriebsgesellschaft mbH [Industrial Systems Operating Co.], Technical Support Department, Ottobrunn, Germany.

¹ Translator's note: Institute for Electrical Communications Engineering at the Rhineland Westphalia Technical University.

However, compatible transmission can be achieved if the physiological characteristics of the eye and the statistics of the video signal are simultaneously taken into account.

An essential step is to keep the amplitude of the add-on signal so small that the resulting change in light intensity stays below the human eye's contrast recognition threshold. While this measure guarantees a high signal-to-noise (S/N) ratio for the video signal and high picture quality, it also results in an extremely unfavorable S/N ratio for data signals, which are distorted by the higher-power video signals. However, separation of the data from the video signal can be made possible by using correlation demodulation and selecting suitable carrier signals.

2.2 Calculating the Carrier Signal

The video signal can be regarded as a function of the position variables x and y , as well as time t . For additive data transmission one needs to imagine the signal's (x, y, t) cuboid divided into separate partial cuboids, each of which contains an add-on signal with a data bit of information. Consequently, each add-on signal extends horizontally, vertically and chronologically over a certain number of pixels, lines and half-frames.

For a mathematical description, the pixels in each cuboid represent the signal's scanning values and can be formally rearranged into $\underline{v} = (v_1 \dots v_m)$ (column) vectors.

[Illustration]

Figure 1 Scanning a band-restricted video signal in the x , y and t variables

The total of all of the video signal vectors formed in this way is completely described in a statistical sense by the multi-dimensional distribution density of the vector components $p_v(z)$. Figure 2 shows the distribution density of the pixel light intensity for signal vectors that are made up of only two horizontally adjacent scanning values. The strong correlation of the scanning values is expressed in the 45° slope of the distribution density compared to the $(\underline{e}_1, \underline{e}_2)$ coordinate system of the scanning values.

[left illustration]

[right illustration]

Figure 2 Measured distribution density
of two pixels

Figure 3 Approximated distribution
density of two pixels

In addition, the [symbols]-principal axis coordinate system of the distribution density was drawn in, such that the spectral components of the signal vectors are uncorrelated random variables. As is shown in Figure 2, the spectral coefficients are also statistically independent by approximation. The multi-dimensional distribution density $p_v(\underline{z})$ can therefore be represented in the principal axis system by the product of the one-dimensional marginal distribution density of the spectral coefficients. The individual marginal distribution densities can be approximated in this process by a generalized Gaussian distribution density, the shape of which is a function of a parameter v^3 and can vary between an uniform distribution density and a Dirac distribution density (Figure 3).

[Equation (1)]

A corresponding high-dimensional distribution density model for the video signal was developed in literature reference /1/.

In the spectral region, the signal vectors can be expressed as linear combinations of the principal axis system's orthonormal basis vectors.

[Equation (2)]

In this case, the spectral coefficients [symbol] are calculated from the signal vectors using the Karhunen-Loève transformation matrix (T).

[Equation (3a)]

[Equation (3b)]

[Illustration]

Figure 4 Orthonormal Karhunen-Loève basis vectors (basis images)

[Illustration]

Figure 5 Video signal with additive data signal (10% amplitude)

In accordance with its definition, the matrix (T) converts the covariance matrix [formula] of the signal vectors into a diagonal covariance matrix [formula] for the spectral region

[Equation (4)]

From this relation it follows that the basis vectors [symbol] are the eigenvectors of the covariance matrix (Σ).

The principal diagonals of (Σ') consist of the spectral variances [symbol] that indicate the alternating power with which the basis vectors [symbol] according to equation (1) contribute to the picture formation. Since one of the principal axes [symbol] is pointing in the direction of the shortest extension of $p_v(z)$, the associated spectral coefficient [symbol] has the theoretical minimum variance [symbol]. This locates an interval for transmitting additional data in the video signal's Karhunen-Loève power spectrum. In this interval, the bipolar modulated basis function [symbols] with the minimum variance can be used as the carrier signal.

Figure 4 gives a picture of the progression of the 64 orthonormal basis vectors for square frame sections made up of 8 x 8 pixels. The vector components are represented by the gray values and are depicted in their original square arrangement.

The variances of the accompanying 64 spectral coefficients are reproduced in Figure 6. The function [symbol], whose relative fraction of the alternating power of video signal is smaller than 10^{-4} , appears to be especially well-suited for data transmission.

[Illustration]

Figure 6 Karhunen-Loève variance spectrum for (8 x 8) frame sections

The function [symbols] forms a checkerboard pattern with pillow-shaped weighting. For patterns of this type the contrast recognition threshold is higher than a relative amplitude of 1%, as is confirmed by other measurements /2/. So, additive data signals with an amplitude of 1% of the black/white amplitude range are not perceptible to the naked eye.

2.3 Error rate

In correlation demodulation, a triple integral has to be calculated for every section of the signal cuboid in which a data signal is contained.

[Equation (5)]

For a synchronized correlation demodulator the x_0 , y_0 and t_0 displacements disappear and the correlation can then be expressed as a scalar product using vector notation.

[Equation (6)]

Consequently, a signal term [symbol] that contains the data signal information is created on the receiver output, and a noise term [symbol] is formed by the video signal's spectral coefficients.

Through systematic variation of the form parameter [symbol], the marginal distribution density of the spectral coefficient [symbol] can be approximated by the generalized Gaussian distribution density as specified in Equation (1). The error probability of a bipolar, additive add-on data transmission can be calculated using numerical integration of the generalized Gaussian distribution density. Both the required signal amplitude at the input of the data receiver and the S/N ratio at the output are included on the X axis in Figure 7.

At a relative amplitude of 1% the error rate for the carrier signal [symbol] is approximately 10^{-3} . Even lower error rates can be achieved with signals that extend over a larger area of the signal cuboid. One way of doing this, for example, is to continue the structure of the carrier signal beyond 8 image levels over time. This both reduces the variance of the noise term [symbols] and linearly increases the power of the signal term [symbols] with the (x, y, t)-expansion of the carrier signal. Through the expansion of the signal to 8 image levels, the S/N ratio improves by at least 10 dB, and the error rate falls to less than 10^{-6} .

2.4 Data rate

Assuming that the picture content of a video line is made up of 512 pixels and in a full frame, 576 lines can be used for add-on data transmission, the resulting transmission rate for the add-on data is:

[Illustration—Translator's note: Replace all commas with decimal points]

Figure 7 Error rates for additive binary data transmission (points calculated using computer simulation)

[Equation (7)]

For carrier signals consisting of $m_x m_y m_t = 8 \times 8 \times 8 = 512$ raster points, the effective rate is 14.4 kbit/s. This value is comparable to the rate for the Videotext process.

3. Implementation of additive binary data transmission

At the Institut für Elektrische Nachrichtentechnik der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule² in Aachen, a laboratory model for additive transmission of add-on data was constructed that in principle proved that the process could be implemented practically.

While the statistical experiments in the previous chapter concerned black-and-white video signals, the chrominance spectrum in the range of 3.5 MHz to 5 MHz needs to be considered when using video channels. In contrast, the video spectrum has a global minimum between 2.5 MHz and 3.5 MHz.

In order to prevent an interference of the data signals with the chrominance spectrum, a carrier signal analogous to the function [symbols] (in Figure 4)—whose horizontal positional frequency was approximately 3 MHz—was used instead of the point-alternating checkerboard pattern. The somewhat larger coefficient variance of this basis function and the somewhat lower value of the accompanying form parameter [symbol] lead one to expect theoretical error rates of around 10^{-5} at a data rate of 14.4 kbits/s.

Figure 5 shows a television picture in which the data amplitude was greatly increased (10%) for demonstration purposes. Additionally, for simplification, three-dimensional Walsh functions were used as the carrier signals instead of the complicated, pillow-shaped, weighted checkerboard pattern.

The principal of a correlation demodulator for data signals of this type is explained using Figure 8.

[See German text for key to numbers]

- 1 Video and data signal
- 2 Recursive filter 1
- 3 Temporary integrator and scanner 1
- 4 Recursive filter 2
- 5 Scanner 2 and decision threshold
- 6 Data
- 7 Return
- 8 Return
- 9 Return
- 10 Ref. signal
- 11 PLL
- 12 Synchronizing, return and scanning impulses

Figure 8 Correlation demodulator for three-dimensional data signals

In the initial phase of demodulation, the received signal is multiplied with the reference signal [symbols] that is generated with the help of a phase-locked loop synchronized to the line impulses. Creating the television picture from lines and half-frames has the result that two of the integrations in equation (5) turn into summations. In the first recursive filter, whose run time corresponds to the duration of one line and is realized with the help of a PAL delay line, the demodulator sums the line signals vertically. ...

² Translator's note: Institute for Electrical Communications Engineering at the Rhineland Westphalia Technical University.

All summed lines are then integrated section by section in the x direction and scanned at the end of the integration intervals. A second digital recursive filter saves the data signal fractions from the first half-frame and sums up the corresponding scanning values of the subsequently following half-frames. After the data signals have been completely processed in chronological order, the logical values of the data bits can be recovered via a threshold decision.

4. Summary

A compatible additive transmission of add-on data in a video signal can be realized if the data are detected with a correlation demodulator and the carrier signals are adjusted to the statistics of the video signal. The data signals extend themselves over subsections of the (x, y, t) signal cuboids and can not be perceived by the naked eye at a relative amplitude of 1%. Data and error rates are achieved, which are comparable to those for the Videotext process. Since the additive add-on signals have a larger extension in the line direction, less sensitivity to inference from receiver echo can be expected.

Additional improvements, such as the use of optical masking effects for an adaptive add-on signal amplitude controlled by the picture content or the realization of a purely digital receiver, are topics for further research. It also makes sense to experiment with transmission over video channels to more thoroughly assess this process.

References:

- /1/ Szepanski, W: Übertragung nichtorthogonaler Zusatzsignale in Bildkanälen (The Transmission of Non-orthogonal Add-on Signals over Video Channels), dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Aachen, Germany, 1979.
- /2/ In Der Smitten, F. J.: Untersuchungen zur Nachrichtenreduktion bei Bildsignalen, insbesondere zur irrelevanzreduzierenden Quellencodierung bei Fernsehsignalen (Research on Data Compression Using Video Signals, Focusing on Irrelevance-reducing Source Coding in Television Signals), Habilitationsschrift³, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Aachen, Germany, 1974.

³ Translator's note: Habilitationsschrift = post-doctoral thesis written to qualify as a university lecturer.

Text- und Bildkommunikation

*Vorträge der NTG-Fachtagung
vom 30. September bis 3. Oktober 1980
in Stuttgart*

Tagungsleitung

Textkommunikation: Prof. Dr.-Ing. W. Kaiser, Stuttgart

*Bildkommunikation: Dir. und Prof. Dipl.-Ing. W. Gallenkamp,
Darmstadt*

Veranstalter

Nachrichtentechnische Gesellschaft im VDE (NTG)

Fachausschuß 12 (Datennetze und Datenendgeräte)

Fachausschuß 19 (Fernsehen und Bildübertragung)

*in Zusammenarbeit mit der Deutschen Sektion des Institute
of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*

VDE-Verlag GmbH · Berlin

ADDITIVE BINÄRDATENÜBERTRAGUNG FÜR VIDEOSIGNALE

Wolfram Szepanski

Mitteilung aus dem Institut für Elektrische Nachrichtentechnik
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen

1. Einleitung

Die Übertragung zusätzlicher Datensignale in Videokanälen wurde vor einiger Zeit von ARD und ZDF unter dem Namen VIDEOTEXT eingeführt. Es handelt sich dabei um ein Zeitmultiplexverfahren, bei dem binäre Datensignale in zwei Zeilen der V-Austastlücke eingeblendet werden. Daten und Bildinhalt werden zeitlich nacheinander übertragen und lassen sich auf einfache Weise voneinander trennen. Bedingt durch die Bandbreite des Videokanals und die Dauer einer Zeile beträgt die theoretisch maximale, effektive Übertragungsrate ca. 13 Kbit/s je benutzte Datenzeile. Aus praktischen Gründen wird jedoch nur eine effektive Rate von etwa 9 Kbit/s je Datenzeile ausgenutzt.

Die möglichen Anwendungen einer Zusatzdatenübertragung sind vielfältig; sie reichen von neuen öffentlichen Informationsdiensten bis hin zur Übertragung betriebsinterner Kennungen und Steuerinformationen, um beispielsweise die Verteilung von Videosignalen im Sendernetz automatisch zu steuern.

Zwar kann gegenwärtig noch nicht von einer Erschöpfung freier Zeilen in der Austastlücke gesprochen werden, ein Teil der Austastlücke wird aber für Synchronsignale benötigt oder ist bereits heute für Prüfzeilen und Einblendungen auf nationalen oder internationalen Strecken reserviert. Darüberhinaus sind Vorschläge bekannt, den Begleitton oder die Farbinformation in der Austastlücke zu übertragen.

Einer möglicherweise wachsenden Nachfrage nach Übertragung zusätzlicher Daten im Videokanal steht die begrenzte Anzahl ungenutzter Zeilen in der V-Austastlücke gegenüber.

2. Additive Zusatzdatenübertragung

2.1 Prinzip

Im vorliegenden Beitrag wird deshalb eine andere Art der kompatiblen Zusatzdatenübertragung vorgeschlagen, bei der die Daten nicht in der Austastlücke übertragen, sondern direkt zum aktiven Teil des Videosignals addiert werden. Das Summensignal wird sowohl dem Bildempfänger als auch dem Empfangsteil für die Zusatzdaten zugeführt. Um die Kompatibilität des Verfahrens zu gewährleisten, dürfen die Datensignale einerseits keine unzulässige Beeinträchtigung der Bildqualität verursachen, andererseits muß die Fehlerrate des Datenempfängers unterhalb eines gewissen, maximal tolerierbaren Wertes bleiben.

Da sich das Videosignal stochastisch ändert, kann eine strenge Orthogonalität, wie sie in herkömmlichen Multiplexsystemen gefordert wird, zwischen Datensignal und Videosignal nicht erreicht werden.

Der Autor ist jetzt bei: Industrieanlagen Betriebsgesellschaft mbH
Abteilung TDA, Ottobrunn

Eine kompatible Übertragung ist dennoch realisierbar, wenn gleichzeitig die physiologischen Eigenschaften des Auges und die Statistik des Videosignals berücksichtigt werden.

Ein wesentlicher Schritt besteht darin, die Amplitude der Zusatzsignale so gering zu halten, daß die verursachte Helligkeitsänderung unterhalb der Kontrasterkennbarkeitsschwelle des menschlichen Auges bleibt. Während diese Maßnahme ein hohes S/N-Verhältnis für das Videosignal und hohe Bildqualität garantiert, führt sie gleichzeitig zu einem äußerst ungünstigen S/N-Verhältnis für die Datensignale, die nun ihrerseits durch das leistungsmäßig stärkere Videosignal gestört werden. Eine Trennung der Daten vom Videosignal wird jedoch durch die Anwendung des Korrelationsempfangs und die Auswahl geeigneter Trägersignale ermöglicht.

2.2 Bestimmung der Trägersignale

Das Videosignal läßt sich als Funktion der Ortsvariablen x und y sowie der Zeit t auffassen. Für die additive Datenübertragung denkt man sich den (x,y,t) -Quader des Signals in einzelne Teilquader aufgeteilt, in denen jeweils ein Zusatzsignal mit der Information eines Datenbits enthalten ist. Jedes Zusatzsignal erstreckt sich somit in horizontaler, vertikaler und zeitlicher Richtung über eine gewisse Anzahl Bildpunkte, Zeilen und Halbbilder.

Für eine mathematische Beschreibung lassen sich die Bildpunkte jedes Quaders als Abtastwerte des Signals darstellen und formal zu (Spalten-) Vektoren $\underline{v} = (v_1 \dots v_m)$ umordnen.

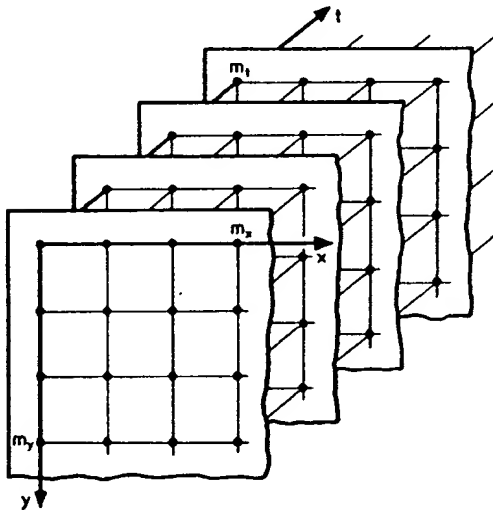


Bild 1 Abtastung eines bandbegrenzten Videosignals in den Variablen x , y und t

Die Gesamtheit aller so gebildeten Videosignalvektoren wird im statistischen Sinn vollständig durch die mehrdimensionale Verteilungsdichte der Vektorkomponenten $p_v(\underline{z})$ beschrieben. Bild 2 zeigt die Verteilungsdichte der Bildpunkthelligkeit für Signalvektoren, die aus nur zwei horizontal benachbarten Abtastwerten bestehen. Die starke Korrelation der Abtastwerte drückt sich in der 45°-Neigung der Verteilungsdichte gegenüber dem $(\underline{e}_1, \underline{e}_2)$ -Koordinatensystem der Abtastwerte aus.

$p_v(\underline{z})$



Bild 2

Zusätzlich
teilung
Signalvektoren
kennzeichnen
statistisch
 $p_v(\underline{z})$
dimensional
gestellt
dabei
mieren,
Gleich
werden

Ein en
das Vi

Im Spiel
nation
drücke

Die Sp
Loève

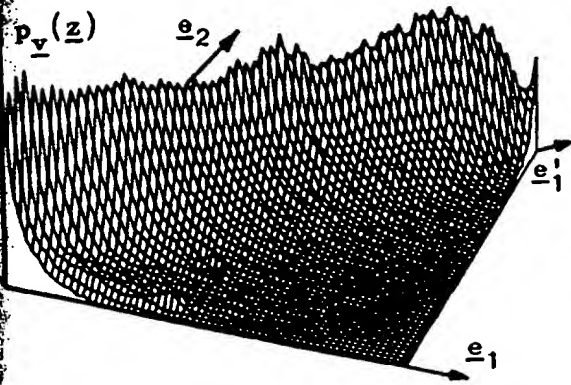


Bild 2 Gemessene Verteilungsdichte zweier Bildpunkte

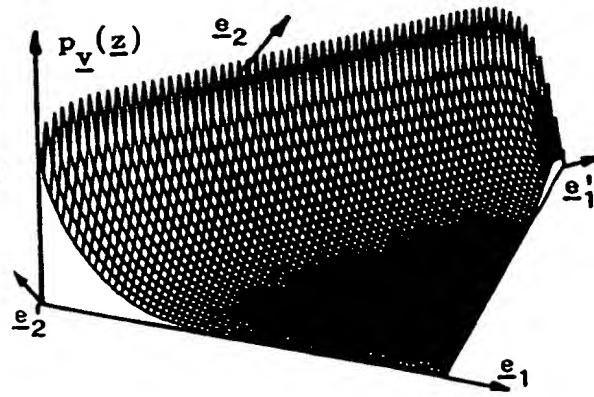


Bild 3 Approximierte Verteilungsdichte zweier Bildpunkte

Zusätzlich wurde das (e'_1, e'_2) -Hauptachsenkoordinatensystem der Verteilungsdichte eingezeichnet, in dem die Spektralkomponenten der Signalvektoren unkorrelierte Zufallsvariable sind. Wie Bild 2 erkennen läßt, sind die Spektralkoeffizienten außerdem näherungsweise statistisch unabhängig. Die mehrdimensionale Verteilungsdichte $p_v(z)$ kann deshalb im Hauptachsensystem durch das Produkt der eindimensionalen Randverteilungsdichten der Spektralkoeffizienten dargestellt werden. Die einzelnen Randverteilungsdichten lassen sich dabei durch eine verallgemeinerte Gaußverteilungsdichte approximieren, deren Form von einem Parameter γ abhängt und zwischen einer Gleichverteilungsdichte und einer Dirac-Verteilungsdichte variiert werden kann (Bild 3).

$$p_v(z) = \frac{a \gamma}{2 \Gamma(\frac{1}{\gamma})} \exp \left\{ -(a |z - \bar{z}|)^{\gamma} \right\} \quad (1)$$

$$a = \frac{1}{6} \left\{ \Gamma(\frac{3}{\gamma}) \left(\Gamma(\frac{1}{\gamma}) \right)^{-1} \right\}^{1/2}$$

Ein entsprechendes, hochdimensionales Verteilungsdichtemodell für das Videosignal wurde in /1/ entwickelt.

Im Spektralbereich lassen sich die Signalvektoren als Linearkombination der orthonormalen Basisvektoren des Hauptachsensystems ausdrücken.

$$\underline{v}' = \sum_{i=1}^m v'_i \underline{e}_i' \quad (2)$$

Die Spektralkoeffizienten v'_i werden dabei mit Hilfe der Karhunen-Loève Transformationsmatrix (T) aus den Signalvektoren berechnet.

$$\underline{v}' = (T) \underline{v} \quad (3a)$$

$$\underline{v} = (T)^t \underline{v}' \quad (3b)$$

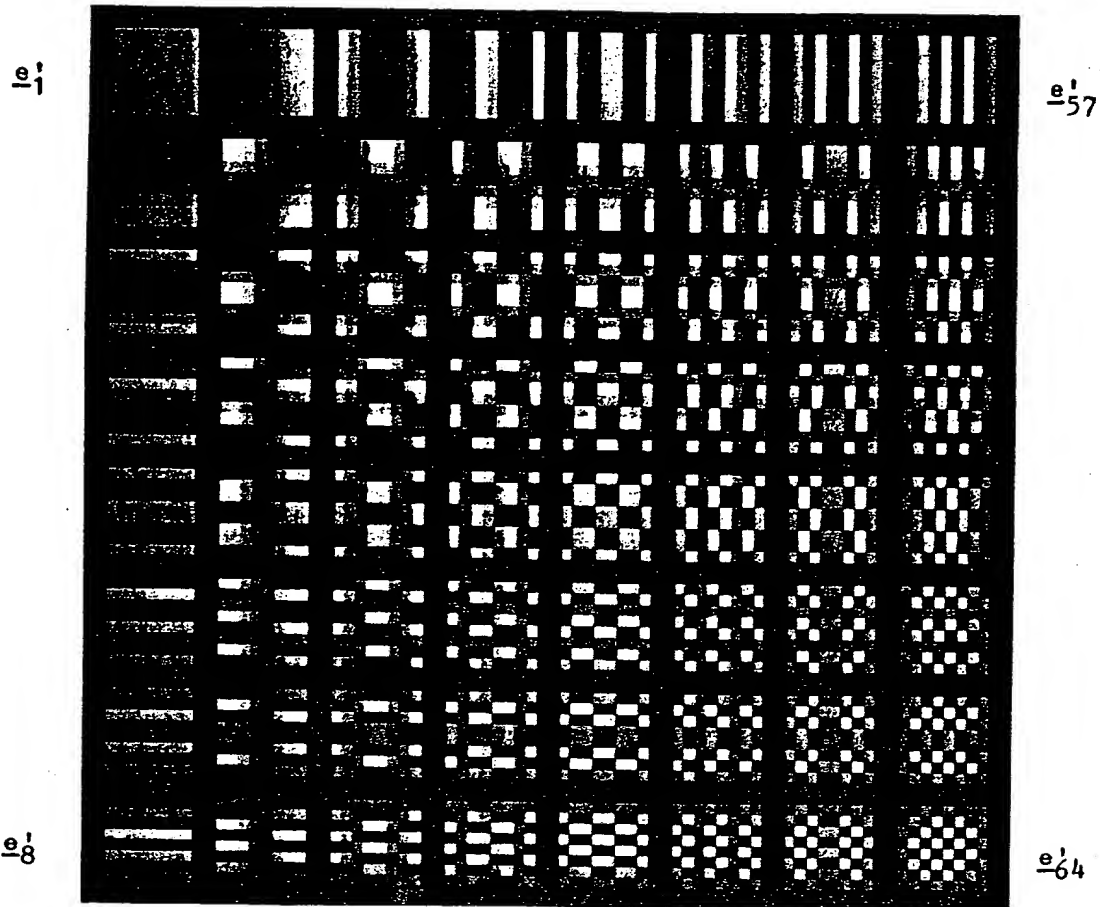


Bild 4 Orthonormale Karhunen-Loève Basisvektoren (Basisbilder)

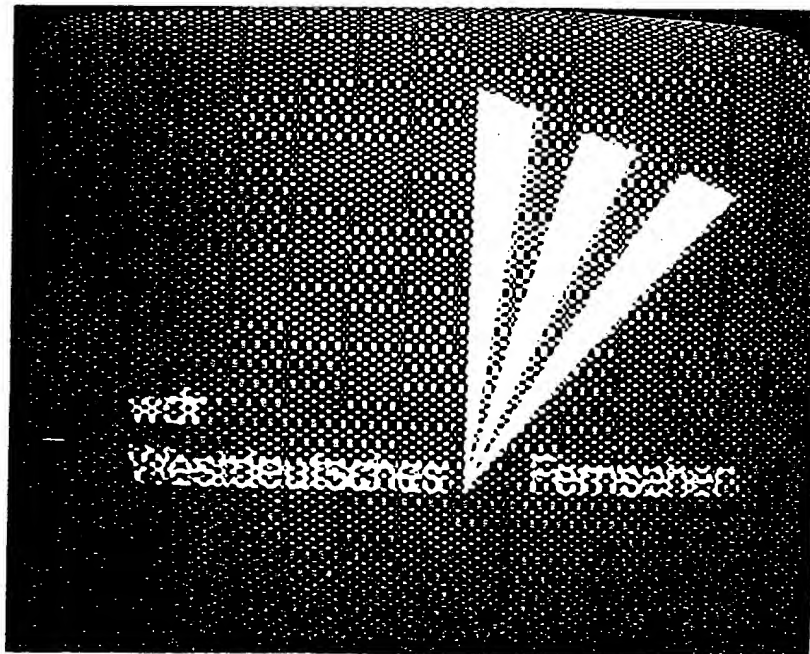


Bild 5 Videosignal mit additivem Datensignal (Amplitude 10 %)

Definit
 $(\Sigma) = E$
 matrix

Aus die
 toren d
 Die Hau
 6_1^2 , d
 nach Gl
 Richtun
 gehörig
 6_m^2 . I
 mit ein
 der als
 mit der

Bild 4
 Basisve
 punkten
 und sin
 stellt.

Die Var
 Bild 6
 erschei
 leistung

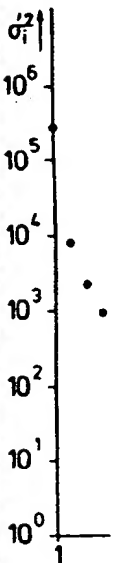


Bild 6

Definitionsgemäß überführt die Matrix (T) die Kovarianzmatrix $(\Sigma) = E[(\underline{v}-\bar{\underline{v}})(\underline{v}-\bar{\underline{v}})^t]$ der Signalvektoren in eine diagonale Kovarianzmatrix $(\Sigma') = E[(\underline{v}'-\bar{\underline{v}}')(\underline{v}'-\bar{\underline{v}}')^t]$ für den Spektralbereich

$$(\Sigma') = (T)(\Sigma)(T)^t = \begin{pmatrix} \sigma_1'^2 & 0 \\ 0 & \ddots \\ 0 & 0 & \sigma_m'^2 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Aus dieser Beziehung folgt, daß die Basisvektoren \underline{e}_i' die Eigenvektoren der Kovarianzmatrix (Σ) sind.

Die Hauptdiagonale von (Σ') besteht aus den spektralen Varianzen $\sigma_i'^2$, die die Wechselleistung angeben, mit der die Basisvektoren \underline{e}_i' nach Gl.(1) zum Bildaufbau beitragen. Da eine der Hauptachsen \underline{e}_m' in Richtung der kleinsten Ausdehnung von $p_{\underline{v}}(\underline{z})$ zeigt, besitzt der \underline{e}_m' zugehörige Spektralkoeffizient v_m' die theoretisch minimale Varianz $\sigma_m'^2$. Im Karhunen-Loève Leistungsspektrum des Videosignals ist damit eine Lücke für die Übertragung von Zusatzdaten gefunden, bei der als Trägersignal die bipolar umgetastete Basisfunktion \underline{e}_m' mit der minimalen Varianz verwendet wird.

Bild 4 vermittelt einen Eindruck vom Verlauf der 64 orthonormalen Basisvektoren für quadratische Bildausschnitte mit 8 mal 8 Bildpunkten. Die Vektorkomponenten werden durch Grauwerte repräsentiert und sind in ihrer ursprünglichen quadratischen Anordnung dargestellt.

Die Varianzen der zugehörigen 64 Spektralkoeffizienten sind in Bild 6 wiedergegeben. Für eine Datenübertragung besonders geeignet erscheint die Funktion \underline{e}_{64}' , deren relativer Anteil an der Wechselleistung des Bildsignals kleiner als 10^{-4} ist.

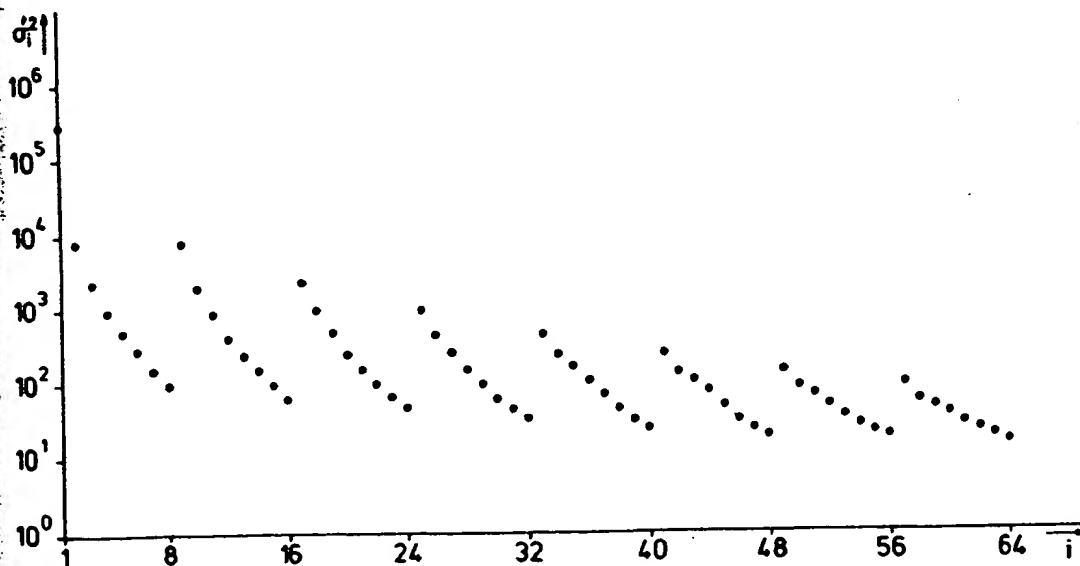


Bild 6 Karhunen-Loève Varianzenspektrum für (8,8)-Bildausschnitte

Die Funktion e'_{04} verläuft schachbrettartig mit kissenförmiger Wichtung. Für derartige Muster liegt die Kontrasterkennbarkeitsschwelle oberhalb einer relativen Amplitude von 1 %, wie auch durch andere Messungen bestätigt wird /2/. Additive Datensignale mit einer Amplitude von 1 % des Schwarz/Weiß-Amplitudenbereichs werden daher vom Auge nicht wahrgenommen.

2.3 Fehlerrate

Beim Korrelationsempfang muß für jeden Teil des Signalquaders, in dem ein Datensignal enthalten ist, ein Dreifachintegral berechnet werden.

$$\int_{\Delta x} \int_{\Delta y} \int_{\Delta t} \{v(x,y,t) \pm d e'_m(x,y,t)\} e'_m(x-x_0, y-y_0, t-t_0) dx dy dt \quad (5)$$

Für einen synchronisierten Korrelationsempfänger verschwinden die Verschiebungen x_0 , y_0 und t_0 , und die Korrelation läßt sich dann als Skalarprodukt in Vektorschreibweise ausdrücken.

$$(\underline{v} \pm d \underline{e}'_m)^t \underline{e}'_m = \left\{ \sum_{i=1}^m v'_i \underline{e}'_i \pm d \underline{e}'_m \right\} \underline{e}'_m = \underline{v}'_m \pm d \quad (6)$$

Am Empfänger Ausgang entsteht somit ein Nutzterm $\pm d$, der die Information des Datensignals beinhaltet, und ein Störterm \underline{v}'_m , der durch den Spektralkoeffizienten des Videosignals gebildet wird.

Durch systematische Variation des Formparameters v läßt sich die Randverteilungsdichte des Spektralkoeffizienten v' durch die verallgemeinerte Gaußverteilungsdichte nach (1) approximieren. Die Fehlerwahrscheinlichkeit einer bipolaren, additiven Zusatzdatenübertragung erhält man dann durch numerische Integration der verallgemeinerten Gaußverteilungsdichte. An der Abszissenachse in Bild 7 ist sowohl die erforderliche Signalamplitude am Eingang des Datenempfängers als auch das S/N-Verhältnis am Ausgang aufgetragen.

Bei einer relativen Amplitude von 1 % beträgt die Fehlerrate für das Trägersignal e'_{04} etwa 10^{-3} . Noch geringere Fehlerraten lassen

sich mit Signalen erzielen, die sich über einen größeren Bereich des Signalquaders erstrecken. Hierzu setzt man die Struktur des Trägersignals zum Beispiel zusätzlich über 8 Bildebenen in zeitlicher Richtung fort. Dadurch vermindert sich einerseits die Varianz des Störterms \underline{v}'_m , andererseits steigt die Leistung des Nutzterms $\pm d$ linear mit der (x,y,t) -Ausdehnung des Trägersignals. Durch die Ausdehnung des Signals auf 8 Bildebenen verbessert sich das S/N-Verhältnis um mindestens 10 dB, und die Fehlerrate sinkt auf Werte von weniger als 10^{-6} .

2.4 Datenrate

Unter der Annahme, daß der Bildinhalt einer Videozeile durch 512 Bildpunkte beschrieben wird und in einem Vollbild 576 Zeilen für die additive Datenübertragung nutzbar sind, ergibt sich eine Über-

Bild 7

tragung

Für Tr

beträg
Rate d

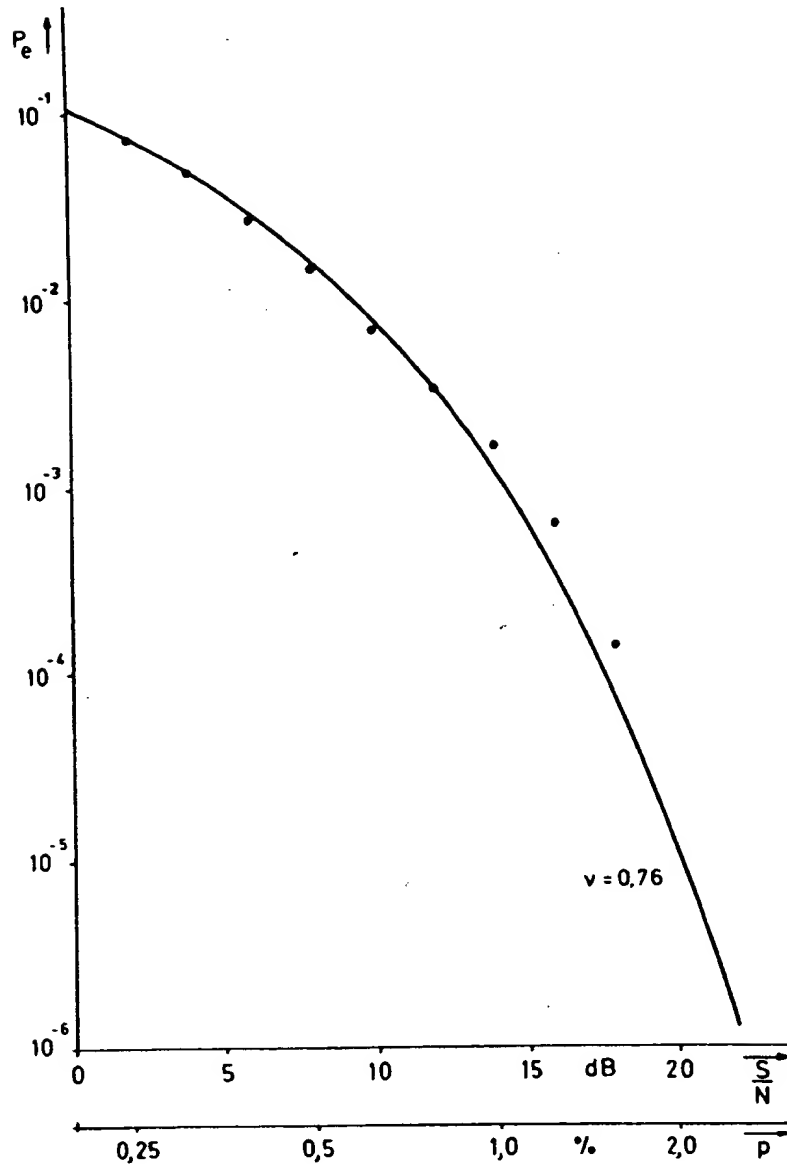


Bild 7 Fehlerraten der additiven Binärdatenübertragung (Punkte durch Rechnersimulation ermittelt)

tragungsrate für die Zusatzdaten

$$r = \frac{512 \cdot 576 \cdot 25}{m_x m_y m_t} \frac{1}{s} \quad (7)$$

Für Trägersignale bestehend aus $m_x m_y m_t = 8 \cdot 8 \cdot 8 = 512$ Rasterpunkten beträgt die effektive Rate 14,4 Kbit/s. Dieser Wert ist mit der Rate des VIDEOTEXT-Verfahrens vergleichbar.

3. Realisierung der additiven Binärdatenübertragung

Am Institut für Elektrische Nachrichtentechnik der RWTH Aachen wurde ein Labormodell für die additive Übertragung von Zusatzdaten aufgebaut, mit dem die praktische Realisierbarkeit des Verfahrens prinzipiell nachgewiesen wurde.

Während sich die statistischen Untersuchungen der vorangegangenen Kapitel auf Schwarz/Weiß-Videosignale bezogen, ist beim Einsatz in Videokanälen das Chrominanzspektrum im Bereich von 3,5 MHz bis 5 MHz zu berücksichtigen. Dagegen besitzt das Videospektrum zwischen 2,5 MHz und 3,5 MHz ein globales Minimum.

Um eine Interferenz der Datensignale mit dem Chrominanzspektrum zu vermeiden, wurde anstelle des punktweise alternierenden Schachbrettmusters ein Trägersignal analog zur Funktion e_{40}^i (in Bild 4) verwendet, dessen horizontale Ortsfrequenz etwa 3 MHz betrug. Die etwas größere Koeffizientenvarianz dieser Basisfunktion und der etwas kleinere Wert des zugehörigen Formparameters γ lassen theoretische Fehlerraten von ungefähr 10^{-5} bei 14,4 Kbit/s Datenrate erwarten.

Bild 5 zeigt ein Fernsehbild, in dem die Datenamplitude zu Demonstrationszwecken stark überhöht wurde (10 %). Außerdem wurden zur Vereinfachung anstelle der komplizierteren, kissenförmig gewichteten Schachbrettmuster dreidimensionale Walshfunktionen als Träger-signale verwendet.

Das Prinzip eines Korrelationsempfängers für derartige Datensignale soll anhand von Bild 8 erläutert werden.

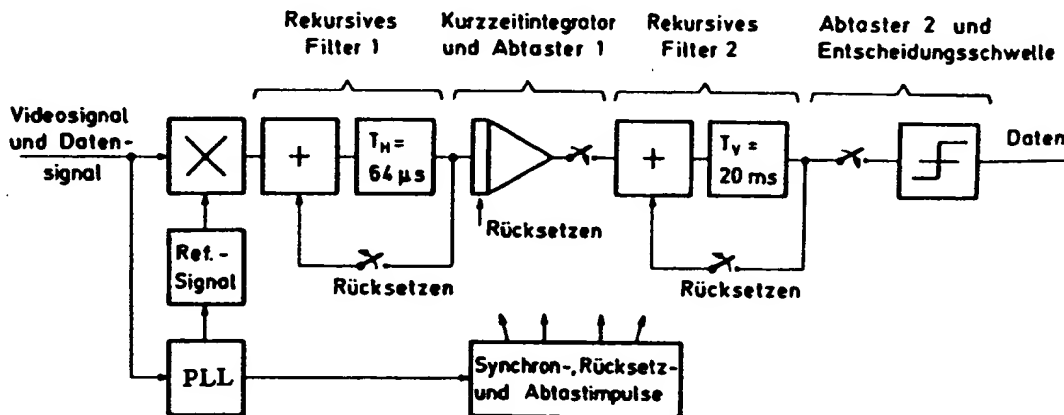


Bild 8 Korrelationsempfänger für dreidimensionale Datensignale

In der Eingangsstufe des Empfängers erfolgt die Multiplikation des Empfangssignals mit dem Referenzsignal $e_m^i(x, y, t)$, das mit Hilfe eines auf die Zeilenimpulse synchronisierten Phase-Locked-Loop erzeugt wird. Der Aufbau des Fernsehbildes aus Zeilen und Halbbildern hat zur Folge, daß zwei der Integrationen in (5) in Summationen übergehen. In einem ersten rekursiven Filter, dessen Laufzeit einer Zeilendauer entspricht und mit Hilfe einer PAL-Verzögerungsleitung realisiert wurde, summiert der Empfänger die Zeilensignale in vertikaler Richtung auf. Alle Summenzeilen werden anschließend abschnitt-

weise in x-Richtung integriert und am Ende der Integrationsintervalle abgetastet. Ein zweites digitales, rekursives Filter speichert die Datensignale des ersten Halbbildes und summiert die entsprechenden Abtastwerte der aufeinanderfolgenden Halbbilder. Nachdem die Datensignale auch in zeitlicher Richtung vollständig verarbeitet sind, lassen sich die logischen Werte der Datenbits durch eine Schwellwertentscheidung zurückgewinnen.

4. Zusammenfassung

Eine kompatible, additive Übertragung von Zusatzdaten im Videosignal ist realisierbar, wenn die Daten mit einem Korrelationsempfänger detektiert werden und die Trägersignale an die Statistik des Videosignals angepaßt sind. Die Datensignale erstrecken sich über Teilbereiche des (x,y,t) -Signalquaders und sind bei einer relativen Amplitude von 1 % für das Auge nicht wahrnehmbar. Es werden Daten- und Fehlerraten erreicht, die mit denen des VIDEOTEXT-Verfahrens vergleichbar sind. Da die additiven Zusatzsignale eine größere Ausdehnung in Zeilenrichtung besitzen, lassen sie eine geringere Empfindlichkeit gegen Störungen durch Empfangsechos erwarten.

Zusätzliche Verbesserungen, wie die Ausnutzung optischer Verdeckungseffekte für eine adaptive, durch den Bildinhalt gesteuerte Zusatzsignalamplitude oder die Realisierung eines rein digitalen Empfängers, bleiben weiteren Untersuchungen vorbehalten. Für eine umfassende Beurteilung des Verfahrens erscheinen außerdem Übertragungsversuche in Videokanälen sinnvoll.

Literatur:

- /1/ SZEPANSKI, W.: Übertragung nichtorthogonaler Zusatzsignale in Bildkanälen, Dissertation RWTH Aachen 1979
- /2/ IN DER SMITTEN, F.J.: Untersuchungen zur Nachrichtenreduktion bei Bildsignalen, insbesondere zur irrelevanzreduzierenden Quellencodierung bei Fernsehsignalen, Habilitationsschrift RWTH Aachen 1974

THIS PAGE BLANK (USPTO)